

La Torre de Londres durante el desarrollo en edad escolar: Normas de rendimiento en una población uruguaya

Sergio Dansilio, Karina Horta, Alejandra Beisso, Natalia Agudelo, Fabiana Larrea,
Carolina Zubillaga y Karen Cerda

*Facultad de Psicología. Departamento de Ciencias Cognitivas y de la Salud. Universidad
Católica del Uruguay*

Resumen

Dentro de las pruebas ejecutivas, la Torre de Londres constituye una herramienta clínica y experimental para explorar la capacidad de planificación dentro de un contexto de solución de problemas. En el presente trabajo se proporcionan normas de desempeño para dicha prueba en una población de niños cursando enseñanza primaria. Dentro de la diversidad de formatos, se sigue la "TOL de Shallice", apoyándonos en trabajos de estandarización previos (Krikorian, Bartok & Gay, 1994; Anderson, Anderson & Lajoie, 1996). La muestra consistió en 451 niños (sexo masculino=210; sexo femenino=241), de edades comprendidas entre los 6.3 y 11.11 años, integrando seis grupos por edad. Los niños cursaban niveles entre 1ro y 6to grados de Primaria en colegios privados de la ciudad de Montevideo, aunque de diferentes estratos socio-económicos. Se encuentra un ascenso progresivo en el nivel de desempeño de la prueba durante la edad escolar, más evidente y diferenciado entre los 6 y los 8 años, volviéndose más homogéneo el rendimiento hasta los 10 años para volver a aumentar a los 11 años. No hay correlaciones significativas con la variable tiempo. La correlación con otra prueba ejecutiva (Test de Anticipación Visual de Brixton) es positiva y significativa. Hay una correlación también significativa y que se evidencia como predictiva luego en la regresión múltiple con un test de inteligencia fluida, el Test de Matrices Progresivas de Raven, sugiriendo una relación parcial pero notoria entre una prueba ejecutiva y un test que supuestamente mide un aspecto de la inteligencia, fuertemente asociado al dominio ejecutivo.

Palabras clave: Torre de Londres – funciones ejecutivas – desarrollo

Abstract

Correspondencia con el autor: ldansili@ucu.edu.uy

Artículo recibido: 02/05/2010

Artículo aceptado: 18/06/2010

Among executive functions tests, the Tower of London represents a clinical and experimental tool for the assessment of planning abilities in a problem solving context. The present study aims at obtaining performance norms for that test in a developmental, primary school population. The original "Shallice's TOL" is followed, based on other standardization studies and with the same procedures (Krikorian, Bartok & Gay, 1994; Anderson, Anderson & Lajoie, 1996). A sample of 451 children was assessed (210 boys, 241 girls), with ages between 6.3 and 11.11 years old, conforming five age groups. Children were attending from first to sixth grades (Primary School), and come from private schools in Montevideo, but from six different socio-economical levels. A progressive ascending in the performance level was found, particularly between 6 and 8 years old, turning homogeneous up to 10 years old, and ascending again over 11 years old. Correlations in time variables do not reached significance. A positive and significative correlation was found with another executive test (Brixton Visual Anticipation Test). There is also a significative correlation, and a predictive relation in multiple regression procedure with a fluid intelligence test (Progressive Matrix Raven Test), suggesting a partial but notorious link between both domains.

Key words: Tower of London – executive functions – development

1. Introducción

El patrón de correlaciones entre medidas de diversas funciones ejecutivas (FE) e inclusive su relación con dominios no ejecutivos, muestra una diversidad de agrupamientos (*clustering*) y de independencias, que seguramente indiquen la participación de distintas estructuras psicológicas y neurales (Robbins, James, Owen, Sahakian, Lawrence, McInnes & Rabbitt, 1998). La dependencia con respecto a los lóbulos frontales no contradice esta realidad, dada su heterogeneidad citoarquitectónica y de conectividad (Petrides & Pandya, 1994). Esta baja correlación entre pruebas ejecutivas, afirmada también por Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter y Wager (2000), puede corresponder sin embargo a una multiplicidad de factores que incluye la participación de varios dominios cognitivos en las pruebas (lenguaje, visuoconstructivo, práxico, etc.), así como a la baja fiabilidad de las medidas empleadas y no necesariamente a una real independencia funcional. La selección de las pruebas, en general, suele realizarse de acuerdo a criterios de validez aparente o de hallazgos en pacientes adultos con lesiones frontales. De todas formas, la multiplicidad componencial y estadística entre las funciones ejecutivas ha terminado siendo parte de su conceptualización (Burgess, 1997; Rabbitt, 1997). Estos hechos limitan seriamente las comparaciones entre pruebas y dentro de cada una.

Estos hechos han contribuido también a que la función ejecutiva se haya tornado un término paraguas que abarca una serie de dominios, algunos notoriamente amplios (razonamiento abstracto, solución de problemas, formación de conceptos), y otros definidos en términos más específicos y operativos (como el control atencional o la inhibición) (Baron, 2004). Lezak, Howieson, Loring, Hannay y Fischer (2004) incluyen cuatro componentes, también muy amplios, tales como la volición, la

planificación, la acción propositiva y la realización eficaz. Esta manera de definir las FE no representa avances sustanciales con respecto a la concepción de Luria (1977) de las funciones psicológicas superiores asociadas a los lóbulos frontales, donde inclusive ya destaca la importancia de la inhibición como componente elemental. Anderson (2002), caracterizando la función ejecutiva como aquella serie de procesos interrelacionados involucrados en comportamientos vinculados a propósitos y orientados a metas, propone cuatro componentes.

Estos cuatro componentes o “dominios” son: el módulo de control atencional, el de procesamiento de la información, el de flexibilidad cognitiva y el de establecimiento de metas, y de acuerdo con Anderson van emergiendo a lo largo del desarrollo hasta acercarse al nivel de desempeño adulto sobre la adolescencia temprana.

Con el objetivo de circunscribir el término, en este trabajo se parte de los resultados obtenidos mediante análisis de variable latente por Miyake et al. (2000) en los que encuentran, al menos, tres componentes ejecutivos básicos que podrían considerarse primitivos: alternancia de una regla mental, actualización de información e inhibición. Sobre estos componentes básicos sostenemos que se establece otro nivel más complejo dado por las funciones de control atencional, planificación y organización temporal del comportamiento. La “solución de problemas” constituye de por sí un constructo demasiado vasto como para ser incluido sin más dentro de las funciones ejecutivas aunque es común hacerlo, dado que moviliza interiormente recursos de memoria semántica y procedural, así como procesos de razonamiento deductivo, inductivo, procedimientos heurísticos, etc. En todos los casos, se trata de operaciones cognitivas que se dan en el espacio de la conciencia, definida tanto en lo cognitivo como en lo neural como un espacio global de trabajo, en donde la implementación de la confluencia de información así como su coordinación en relación a un fin está íntimamente vinculada a las regiones prefrontales y sus conexiones (Dehaene, Kerzberg & Changeux, 1998; Baars & Franling, 2007). Con respecto a esa relación entre las funciones ejecutivas y su implementación neural, se sigue aquí la concepción de Stuss (2007), diferenciando lo que llama las *funciones cognitivas ejecutivas* de otras funciones relacionadas con el lóbulo prefrontal. Se trata de funciones cognitivas de alto nivel, dedicadas al control y dirección de funciones más automáticas, incluyendo la planificación, la monitorización, la energización, la alternancia y la inhibición. Estas funciones están asociadas a la diferenciación dorsolateral de los lóbulos prefrontales, sin clara lateralización (Stuss, 2007). Se propone aquí entonces emplear el término “funciones ejecutivas”, en plural: ni son procesos cognitivos, ni constituyen una unidad funcional.

El objetivo del presente trabajo es presentar normas *evolutivas* de desempeño para una prueba clásica de naturaleza ejecutiva como lo es la Torre de Londres, así como la descripción del comportamiento con respecto a la misma y su relación con otros dominios cognitivos. La población estudiada está compuesta por niños uruguayos de

procedencia urbana, diversa extracción social que cursan educación primaria. Como es sabido, la Torre de Londres fue diseñada por T. Shallice y R. A. McCarthy en 1982 para poder graduar en dificultad y permitir el análisis psicométrico de una prueba de ingenio, la Torre de Hanoi (Shallice, 1988). Posteriormente fue utilizada en la exploración de pacientes con daño cerebral o disfunciones prefrontales, y tiempo después en el desarrollo (Berg & Byrd, 2002; Baron, 2004), empleando diversas modalidades de presentación, aplicación y medición. Generalmente, el uso de la Torre de Londres (desde ahora TOL, para conservar la abreviatura generalizada del inglés), se ha apoyado, como muestran Kafer y Hunter (1997), solamente en su validez aparente. De esta manera, se la suele emplear como prueba que evalúa las capacidades solución de problemas-planificación, pero fundamentalmente de *planificación* (Unterrainer & Owen, 2006). Debe destacarse, sin embargo, que la consistencia del constructo de solución de problemas-planificación para la TOL fue puesto en cuestión por Kafer y Hunter (1997). La TOL bajo distintos formatos ha sido comparada con la Torre de Hanoi (Bull, Espy & Senn, 2004), dentro del contexto del Cantab (De Lucca, Wood, Anderson, Buchanan, Proffitt, Mahony & Pantelis, 2003) y en el NEPSY (Schmitt & Wodrich, 2004). En nuestra región, hay estudios en Argentina (Injoque-Ricle & Burin, 2008) y en Brasil (Fernandes Malloy-Diniz, Cardoso-Martins, Pacheco Nassif, Levy, Borges Leite, & Fuentes, 2008). También dentro de Latinoamérica Matute, Chamorro, Inozemtseva, Barrios, Rosselli y Ardila (2008) han desarrollado una variante inspirada en la TOL, la Pirámide de México. El desempeño en la TOL está afectado en una variedad de condiciones durante el desarrollo, encontrándose informes de niños con daño cerebral frontal (Jacobs & Anderson, 2002), en el traumatismo encéfalo-craneano (Scheibel & Levin, 1997) y en el TDAH (Culbertson & Zillmer, 1998).

Se han llevado a cabo una serie de intentos de normalizar y validar la TOL en el desarrollo, en los que, de manera muy general, se encuentra un ascenso progresivo del desempeño a lo largo de la escolarización, hasta alcanzar valores comparables al adulto sobre los 12-14 años (Krikorian, Bartok & Gay, 1994; Anderson, Anderson, & Lajoie, 1996; Culbertson & Zillmer, 1998; Anderson, Anderson, Northam, Jacobs, & Catroppa, 2001). La problemática a superar en la TOL como instrumento clínico y de investigación, es la gran variabilidad de los resultados y las correlaciones entre distintas formas de aplicación y diseños así como las consignas empleadas y las mediciones realizadas (Baker, Segalowitz, & Ferlisi, 2001; Berg & Byrd, 2002; Unterrainer, Rahm, Leonhart, Ruff & Halsband, 2003). Precisión, tiempo de planificación, tiempo de realización, tasa de aprendizaje, parámetros para establecer la complejidad, dan valores dispares según los diversos trabajos. Berg y Byrd (2002) proponen de forma razonable que se reserve el término "TOL de Shallice" para la versión original, y que se hable de "variantes" cuando se emplean otras versiones, o formatos (computarizados, con diferentes número de esferas o varillas, con distintas posiciones de partida, con distinta secuencia de movimientos, consignas, etc.). Esta heterogeneidad no solamente impide la comparación empírica entre distintos trabajos, sino que probablemente genera confusión con respecto a los componentes cognitivos

evaluados en cada caso, dando lugar a conflictos de naturaleza teórica. Es imprescindible también atender a los factores socioculturales y económicos que inciden en los resultados y quizá en la modalidad de resolución (Fernandes Malloy-Diniz et al., 2008; Matute et al., 2008). En el presente trabajo se sigue estrictamente la versión original o "TOL de Shallice", de acuerdo a los trabajos de Krikorian, Bartok y Gay (1994), Anderson, Anderson y Lajoie (1996), y Anderson, Anderson, Northam, Jacobs y Catroppa (2001). Se parte del supuesto de que la TOL evalúa la capacidad de planificación. Esta función se define de manera operativa para este trabajo como la anticipación de una acción o serie de acciones y sus respectivas consecuencias, con respecto a una meta explícita. Considerada dentro de las funciones ejecutivas de alto nivel de complejidad según lo mencionado anteriormente, puede enmarcarse como un caso de solución de problemas de acuerdo con la concepción de Anderson (1980).

2. Método

Sujetos

La muestra consistió en 451 niños (sexo masculino=210; sexo femenino=241), de edades comprendidas entre los 6.3 y 11.11 años, integrando seis grupos acordes a su edad. Los niños cursaban niveles entre 1ro y 6to grados de Primaria en colegios privados de la ciudad de Montevideo, constituyendo una muestra representativa de la capital que cubre todos los estratos socio-económicos de educación Primaria y privada. (Tabla 1). Aunque se trata de colegios privados, los mismos, por motivos religiosos, cumplen obras sociales en determinados lugares de la ciudad contando con cuotas bajas y sistemas de becas. Para la selección de la muestra se aplicaron los siguientes criterios de exclusión: pretérmino, bajo peso al nacer, Epilepsia, Diabetes, afecciones endocrinológicas, antecedentes de TEC, afecciones psiquiátricas, psicofármacos, dificultades de aprendizaje, tratamientos psicomotrices y psicopedagógicos y repetición de grado. Mediante estos criterios se intentan excluir aquellos casos donde existan trastornos del aprendizaje o que posean condiciones que puedan causar una disfunción ejecutiva. Para toda la muestra se requirió consentimiento informado de los padres, aceptación expresa del niño, autorización de la institución escolar y de la docente respectiva. A todos los participantes se les aseguró confidencialidad de datos personales utilizados.

Tabla 1. Características demográficas de la muestra

Edad	Niños	Niñas	Total n
6.0 a 6.11	33	34	67
7.0 a 7.11	39	34	73
8.0 a 8.11	35	40	75
9.0 a 9.11	35	42	77

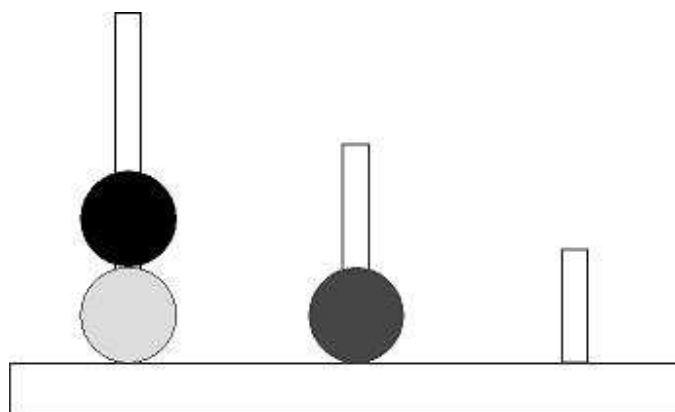
Procedimiento

La administración de pruebas se realizó en forma individual con cada niño, dentro de la institución educativa correspondiente y en iguales condiciones contexto-ambientales: materiales e iluminación adecuada y ausencia de distractores. Los instrumentos utilizados, y en orden de administración, fueron los siguientes: 1) Torre de Londres bajo su formato “TOL de Shallice”; 2) Test de Anticipación Visual de Brixton, versión original (Burgess & Shallice, 1997); 3) Test de Matrices Progresivas de Raven (Raven, Raven & Court, 1993). El tiempo aproximado de aplicación total de las técnicas fue de aproximadamente 40 minutos.

Torre de Londres. Se utilizó el formato y manera de aplicación de Krikorian, Bartok y Gay (1994), que sigue la forma de la “TOL de Shallice”. La TOL empleada consiste en una base de madera con tres varillas de tamaño distinto y tres esferas de colores diferentes (Figura 1). En un cuadernillo, se le exponen al niño 12 problemas a resolver, solicitándole que a partir de una posición inicial lleve las esferas a una posición-objetivo final, en un número determinado de movimientos (“cue-condition”), y con las reglas estipuladas habitualmente (no tomar más de un balón por vez, no dejar ningún balón sobre la mesa, emplear una sola mano, cantidades que acepta cada varilla). La prueba consta de 12 ensayos donde va aumentando el número de movimientos necesarios para alcanzar el objetivo: 2 (1 y 2), 3 (3 y 4), 4 (5, 6, 7 y 8), 5 (9, 10, 11, y 12). Se parte siempre de una misma posición inicial, que es recompuesta por el propio examinador. Para cada uno de los ejercicios, el niño cuenta con tres ensayos para lograr la solución. En caso de lograr el objetivo en el primer ensayo se obtienen 3 puntos, 2 si resulta en el segundo, 1 si lo obtiene en el tercero, y 0 si no lo alcanza. Se contabilizan tres tiempos diferentes: a) tiempo de planificación (desde que se presenta el objetivo hasta que inicia el primer movimiento), b) tiempo de ejecución (desde que realiza el primer movimiento hasta que alcanza la solución o alcanza un total de 60 segundos), c) tiempo total (la suma de los dos anteriores). No

se realiza ninguna consigna con respecto al tiempo. La prueba se aplica en forma individual y en su totalidad.

Figura 1. Torre de Londres

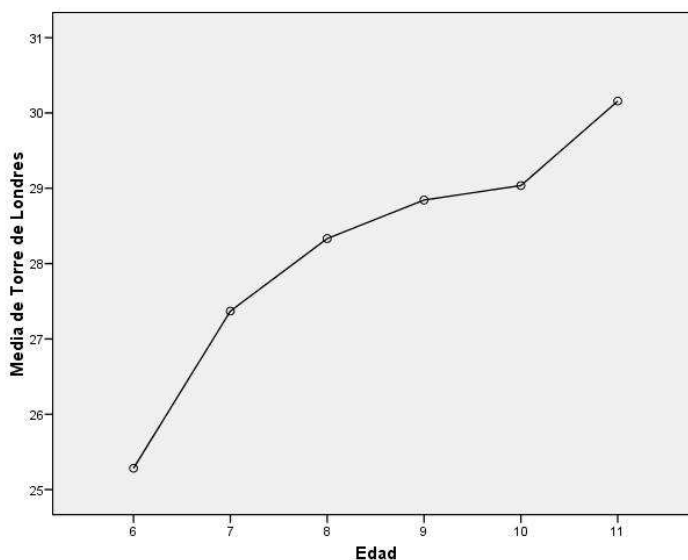


Otras pruebas. En su forma estándar como prueba ejecutiva que evalúa la capacidad de inferir reglas visuo-espaciales y alternarlas de manera aleatoria, se empleó para comparación el Test de Anticipación Visual de Brixton (Shallice & Burgess, 1997) (desde ahora TAVB). Para obtener un parámetro generalmente aceptado vinculado a la inteligencia, con alta correlación general en pruebas de nivel intelectual, se empleó el Test de Matrices Progresivas de Raven (Raven, Raven & Court, 1993) (desde ahora TMPR). Este test, de naturaleza no verbal, mide la capacidad intelectual independiente de los conocimientos adquiridos (llamado factor “g” o inteligencia fluida), y utilizando problemas configurales, sin componente verbal. La primer serie del Test se resuelve mediante juicios de gestalt figural, mientras que en las series siguientes (especialmente la B, pero también la AB), es necesario extraer reglas combinadas para obtener la solución.

3. Resultados

Los datos fueron procesados mediante la herramienta estadística SPSS 15.0. En TOL se observa un patrón de rendimiento ascendente y escalonado durante el desarrollo (Figura 2). La Tabla 2 expone las medias y los desvíos típicos obtenidos en TOL por grupos de edad.

Figura 2. Rendimiento de Torre de Londres en el desarrollo



De manera general, se obtuvo un aumento progresivo de la eficacia en el rendimiento, más evidente y diferenciado entre los 6 y los 8 años, mientras que entre los 8 y los 10 años el rendimiento se hace más homogéneo para luego volver a aumentar a los 11 años. La Tabla 3 muestra los percentiles del puntaje de precisión como indicador del rendimiento en TOL para toda la población estudiada, discriminando solamente por edad

Tabla 2. Torre de Londres: Medias (*M*) y Desvíos Standard (*SD*)

Torre de Londres		
Edad	<i>M</i>	<i>SD</i>
6	25,28	-4,61
7	27,37	-3,61
8	28,33	-3,28
9	28,84	-2,71
10	29,04	-3,31
11	30,16	-2,76
<i>Total</i>	28,25	-3,67

Tabla 3. Percentiles de Torre de Londres

TORRE DE LONDRES: Percentiles							
Edad	5	10	25	50	75	90	95
6	18	20	23	26	29	31	32
7	22	23	25	27	30	31	32
8	23	24	27	28	30	32	33
9	24	25	27	29	31	33	33
10	25	25	28	29	31	33	34
11	26	26	29	30	32	34	35

Tratamiento analítico de los datos

Se realizó un ANOVA para analizar si existen diferencias significativas entre los puntajes obtenidos de TOL en cada grupo de edad. Al no presentar la muestra homogeneidad de varianzas, se utilizaron los estadísticos de Welch y Brown-Forsythe para analizar las mismas. Se determinó así que existe una relación significativa entre el rendimiento de TOL y la edad [$F(17,739)=0.000$, $p<0.05$]. A continuación se analizaron las diferencias de rendimiento intergrupales a través de la prueba post-hoc de Games-Howell. Se encontraron diferencias intergrupales significativas en el rendimiento en TOL, siendo el grupo de 6 años el que presentó el rendimiento diferenciado y mayormente significativo al resto de los grupos. Se observa la existencia de tres subgrupos de rendimientos: el grupo de 6 años, los grupos comprendidos entre 7 y 10 años de edad y el grupo de 11 años.

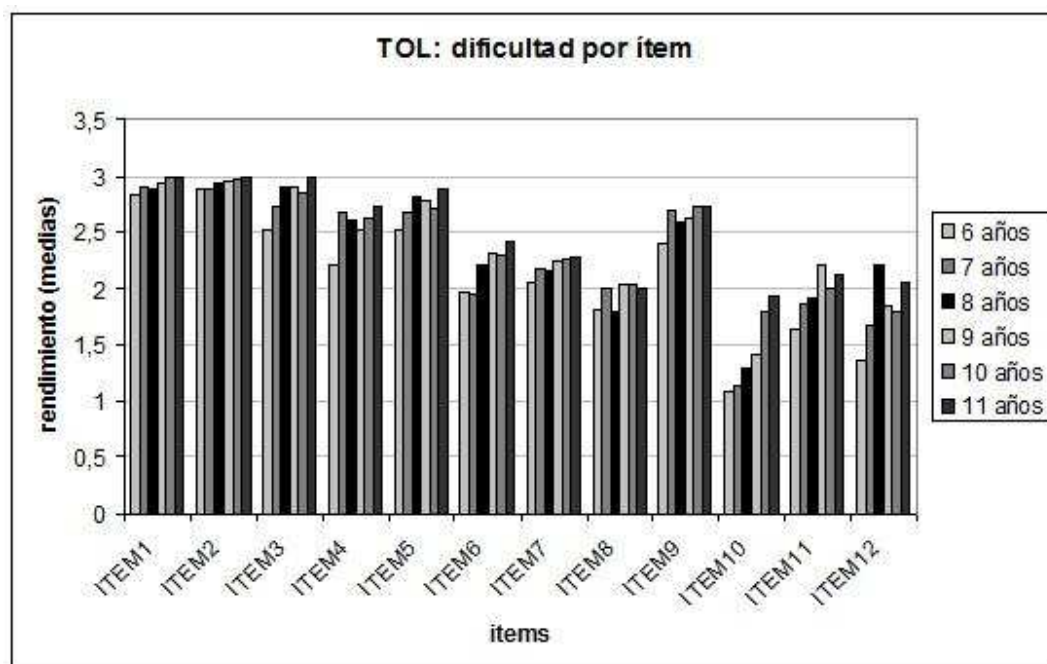
Mediante la prueba de correlación lineal r de Pearson se encontró una correlación positiva y significativa entre TOL y el TAVB ($r=0.346^{**}$). También se encontró correlación positiva y significativa entre TOL y Test de Matrices Progresivas de Raven TMPR, de $r=0.427^{**}$. El alfa de Cronbach obtenido para la TOL es de $\alpha=0,407$, lo cual indica un bajo nivel de fiabilidad para la prueba. Por su parte se obtuvieron altos niveles de fiabilidad para el TAVB y el TMPR ($\alpha=0,876$ y $\alpha=0,848$, respectivamente).

Torre de Londres y medidas de tiempo. Se realizó un análisis de los resultados integrando el tiempo de planificación (TP) y el tiempo de ejecución (TE) total de la prueba, según corrección de Anderson, Anderson y Lajoie (1996). No se encontró una relación significativa entre TP y el rendimiento general. La evolución del TP a través de la edad sigue la línea aproximada de una curva cóncava, evidenciando un mayor empleo de TP a los 6 años para luego ir disminuyendo en forma evidente hacia los 9 años. A partir de esta edad, vuelve a aumentar el TP empleado, sin alcanzar los valores de edades más tempranas. Por su parte, el TE muestra un patrón descendente entre los 6 y los 9 años con un muy leve aumento del mismo en los 10 años y continuar posteriormente descendiendo. Por otra parte, se integró el factor TP en el análisis de los resultados considerando un algoritmo diferente de configuración de los datos ($[(\text{puntaje-intentos fallidos})/\text{TE}]*100$), con el cual se obtuvieron los mismos resultados derivados de la corrección de Anderson et al. (1996). Debe tenerse presente que se trata de los tiempos que espontáneamente los niños le asignan a la prueba, ya que no hay consigna específica con respecto al mismo.

Torre de Londres y análisis de dificultad de los ítems. Se realizó un análisis de dificultad de los ítems encontrando que el ítem 10 es el que presentó mayor complejidad en su resolución (Figura 3), coincidiendo con los hallazgos de Anderson, Anderson y Lajoie (1996). En grado de dificultad lo siguen el ítem 12 y el ítem 8. Por otra parte, el ítem 9 posee un rendimiento similar al ítem 4, lo cual indicaría que la presentación de los ítems de la prueba no sigue un orden creciente de dificultad. Resulta importante destacar que toda la muestra presenta leves diferencias de

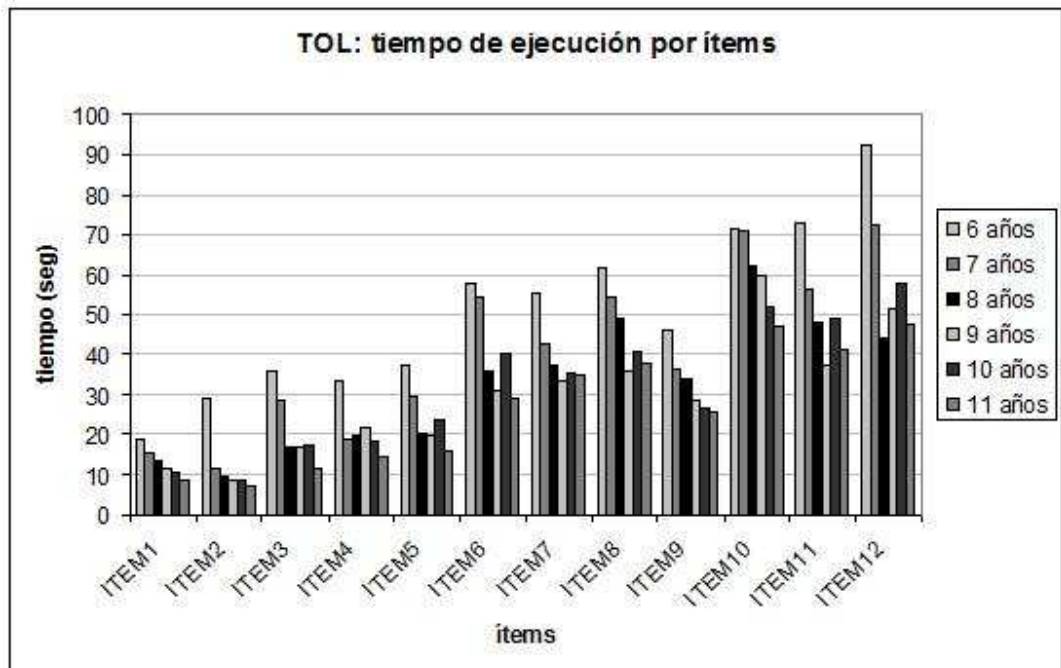
rendimiento en los primeros cinco ítems de la prueba.

Figura 3. Medias de rendimiento por ítems de la Torre de Londres



La evolución del TP a través de la secuencia de ítems sigue un patrón oscilante con una tendencia levemente ascendente, evidenciando un mayor empleo de TP entre los ítems 8 y 12. En cuanto al TE empleado para resolver cada ítem, dentro de cada grupo etario se observa un patrón escalonado y ascendente del tiempo utilizado a medida que avanzan los ítems (Figura 4).

Figura 4. Tiempo de ejecución (tiempo total, incluye planificación y realización) por ítems de la Torre de Londres



Regresión lineal simple. Se realizó una regresión lineal simple entre cada una de las variables independientes consideradas (grado escolar, estrato socioeconómico, TAVB y TMPR) y la variable dependiente TOL, para observar el comportamiento individual de las mismas. Todas las variables consideradas mostraron una asociación significativa con la variable TOL (Tabla 4). A partir de los intervalos de confianza de los valores de B, se puede observar que dichos coeficientes excluyen el valor cero (valor cero indica resultados no significativos).

Regresión lineal múltiple. A continuación, se realizó una regresión lineal múltiple, por pasos hacia atrás, en la cual se introdujeron como variables independientes: el estrato socioeconómico, el grado escolar, el TAVB y el TMPR. Como variable dependiente se introdujo la variable TOL. A partir de la misma se obtuvo un único modelo, en el cual todas las variables independientes resultaron significativas ya que los intervalos de confianza de B, sean estos positivos o negativos, excluyeron todos al cero.

Tabla 4. TOL: Regresión lineal y múltiple

	TOL						
	Regresión simple				Regresión múltiple		
	IC 95%		k= 21		IC 95%		
	B	Límite inf.	Limite sup.	β	B	Límite inf.	Limite sup.
Grado							
escolar	.85***	.67	1.04	.22	.48***	.25	.7
Estrato	-.43***	-.67	-.19	-.11	-.30**	-.52	-.08
TAVB	.17***	.13	.21	.14	.06**	.02	.11
TMPR	.29***	.23	.35	.22	.15 ***	.08	.22

* $p \leq .05$

** $p \leq .01$

*** $p \leq .001$

La ecuación de regresión es la siguiente:

$$TOL = 21,0 + 0,48 (\text{grado}) - 0,30 (\text{estrato}) + 0,06 (\text{TAVB}) + 0,15 (\text{TMPR})$$

En dicha regresión se calculó también el R^2 (coeficiente de determinación) y el estadístico F de ANOVA. El R^2 indica que un 23,5 % de la variación de la variable dependiente se puede atribuir a la relación entre las variables independientes. Este modelo presenta un valor de F de ANOVA mayor [F (35,65)=0.000, $p < 0.001$], altamente significativo. A partir del coeficiente de regresión β (coeficiente de regresión tipificado), se evaluó la importancia relativa de cada variable independiente incluida en la regresión múltiple. Las variables que muestran un mayor efecto en la medida de TOL son aquellas que tienen un valor absoluto de beta mayor (Tabla 4). Estas son la variable grado escolar ($\beta=0,22$) y la variable TMPR ($\beta=0,22$).

4. Discusión

El rendimiento ejecutivo evaluado por TOL muestra un progresivo aumento en la eficacia de la planificación, la resolución de problemas y el procesamiento de la

información a través de la infancia si se considera el valor de precisión. Se demostró una correlación significativa entre los valores de TOL y la edad, y la edad constituye también uno de los factores predictores del rendimiento en prueba de regresión múltiple. Este resultado, sin embargo, se refleja no solamente en los puntajes absolutos obtenidos en la prueba sino también en el progresivo descenso del tiempo de ejecución empleado por los niños para resolver los diferentes problemas propuestos. Si bien el grado de dificultad de los problemas no siguen un orden creciente, el número de movimientos requeridos para su resolución va aumentando progresivamente con lo cual el descenso del tiempo de ejecución (TE) asociado al aumento de la eficacia en la resolución refleja un gradual y creciente desarrollo ejecutivo a través de la edad.

Por otra parte, el TP empleado en la resolución de la TOL no resultó significativo en relación al rendimiento por edad aunque existe relación entre el TP empleado y el grado de dificultad de cada uno de los ítems de la prueba. Este resultado podría atribuirse al desarrollo paralelo pero no necesariamente simultáneo de la velocidad de procesamiento y la capacidad de monitorización de la tarea en curso, lo cual conllevaría variaciones del TP en relación a la eficacia en la resolución del problema (Krikorian Bartok & Gay, 1994; Anderson et al., 1996). El papel del tiempo no ha quedado claro si se comparan los diversos trabajos, en parte por la variación en los formatos según ya fue dicho, la forma de medirlos y la consigna (Berg & Byrd, 2002). En un trabajo de Unterrainer et al. (2004) en voluntarios sanos con una media de edad de 25.5, solamente hubo diferencias en el tiempo de planificación en los que obtenían desempeños muy buenos, y se trataba de una forma de aplicación en la cual se le brinda al paciente la pauta para utilizar los tiempos. En nuestro caso, se ha dicho que el presentar el número de movimientos requerido para la solución, si bien facilita lograr el resultado en personas sanas, induce fuertemente a planificar antes de comenzar y inclusive durante los pasos (Berg & Byrd, 2002; Unterrainer et al., 2004). El tiempo constituyó un parámetro significativo en la Pirámide de México, especialmente si se analizaba en combinación con los demás parámetros de realización (Matute et al., 2008). Finalmente, en este trabajo se consideró luego de observaciones piloto, que los niños disponen del tiempo para abordar un test de forma heterogénea, siguiendo estilos cognitivos distintos, y muchas veces por factores que van más allá de lo cognitivo. Estos hechos generan variaciones imponderables y normales que relativizan aún más el significado de los distintos valores de tiempo.

El análisis de los ítems de la TOL muestra que la forma de presentación de los mismos durante la prueba (Anderson et al., 1996), no sigue un orden creciente de dificultad, más allá de que el número absoluto de movimientos aumente. Los factores que pueden condicionar la complejidad de un ensayo no solamente refieren al número directo de movimientos, sino que pueden existir movimientos conflictivos de acuerdo a la relación de anidamiento entre los mismos o su articulación con el objetivo final (Carder, Handley & Perfect, 2004). Un movimiento conflictivo puede ser aquel que se acerca al objetivo final, pero obtura los movimientos subsecuentes necesarios para completar la tarea. Asimismo, las leves diferencias de rendimiento en los primeros

ítems de la prueba sugiere la necesidad de analizar si la TOL es realmente discriminativa de “buenos” y “malos” ejecutores de la misma en población normal. Será necesario un análisis más pormenorizado del tipo y explicación de la complejidad de cada movimiento.

El bajo nivel de fiabilidad encontrado y la escasa correlación con el TAVB, otra prueba de naturaleza ejecutiva, muestran nuevamente la necesidad de una revisión de la consistencia del constructo planificación-solución de problemas, tal como sugieren diversos estudios (Krikorian et al., 1994; Anderson et al., 1996; Burgess & Shallice, 1997; Rabbit, 1997; Miyake et al., 2000). En algunos casos se ha cuestionado que la TOL puede fundamentarse en la categoría “planificación” como constructo psicológico (Phillips et al., 2001). Ese bajo nivel de confiabilidad, hecho habitual en los tests pretendidamente ejecutivos, estaría vinculado también a su multicomponencialidad, a la ignorancia eventual de las variables cognitivas que lo integran, pero también a la pobre definición que existe con respecto al estatuto de las funciones ejecutivas (Burgess, 1997). Por otra parte, cuanto más novedosa es la tarea, mayor es el compromiso ejecutivo, con lo cual podría considerarse un posible efecto de aprendizaje en el transcurso de los ítems de la TOL, llevando a un menor requerimiento proporcional de capacidad ejecutiva por parte del niño. El fenómeno de aprendizaje durante el propio desarrollo de la TOL ha sido subrayado, por ejemplo, en la revisión de Berg y Byrd (2002), por Unterrainer y Owen (2006), e inclusive documentada en contextos experimentales adecuados por Unterrainer et al. (2003). En nuestro trabajo, resultó llamativo que el aumento del número de movimientos requeridos, si bien genera una curva ascendente en el desarrollo para la población general, no muestra cambios radicales de 3 a 5 movimientos como era dable esperar. Una posibilidad es la existencia de aprendizaje. En ese sentido la forma de aplicación de la Pirámide de México, en principio, reduciría el componente de aprendizaje al ordenar los ensayos de forma alternada, y tomando la posición final de un ensayo como inicio para el siguiente (Matute et al., 2008).

La correlación con otra prueba de naturaleza ejecutiva, el TAVB, cuya medida de fiabilidad es buena, fue positiva y significativa (correlación lineal r de Pearson $r=0.346^{**}$). No obstante, las pruebas de regresión lineal y regresión múltiple no mostraron que TAVB fuera predictivo del rendimiento en TOL de manera significativa, como sí lo fueron el grado escolar y la variable TMPR (grado escolar $\beta=0,22$, TMPR $\beta=0,22$, dando cuenta de un 23.5 % de la variación de la variable dependiente). Tomando en cuenta dichos hallazgos, puede sugerirse que ambas pruebas, aunque comparten cierto componente cognitivo -no puede afirmarse con los datos del trabajo que sea ejecutivo- difieren de forma sustancial como constructo. Otra vez, nos confrontamos con la heterogeneidad de las funciones ejecutivas. Por otra parte, se observó una moderada correlación y carga predictiva en la regresión múltiple del factor “g” en TOL, lo cual sugiere una posible relación entre los constructos ejecutivo-inteligencia, tal como lo refieren diversos estudios previos (Borella, Carretti & Mammarella, 2006; Kane, Hambrick & Conway, 2005; Injoque-Ricle & Burin, 2008). Este factor fue medido con el TMPR, con lo cual toda

especulación debe estar circunscrita a la naturaleza de la prueba. Como ya fue dicho más arriba, la primer parte se soluciona mediante juicios figurales, gestálticos, mientras que en la segunda parte es necesario inferir una o más reglas visuoespaciales simultáneas. Hasta aquí es coherente que se encuentren relaciones con la TOL, como lo han hecho, por ejemplo, Unterrainer et al. (2004). No hubo diferencias en nuestro caso entre las correlaciones obtenidas para la parte A y la parte B, lo que impide adelantar una interpretación en base a un supuesto núcleo compartido de solución de problemas visuoespaciales complejos. Desde Duncan se han asociado las FE a la inteligencia fluida de Cattell, básicamente mediante análisis factorial y regresión múltiple, lo cual luego ha sido correlacionado con RMf donde se muestra la activación frontal dorsolateral como evidencia adicional e independiente (Duncan et al., 2000; Duncan, 2005). La tesis de Duncan empleó originalmente el Culture Fair Test de Cattell y posteriormente paradigmas de tipo TMPR. Carpenter, Just y Shell (1990) han demostrado una considerable relación entre variantes del TMPR y una versión de cuatro discos de la Torre de Hanoi, aquí sí marcándose la diferencia entre los problemas de tipo A, y los problemas de la serie B. La naturaleza de esta relación no está clara. Por ejemplo, Friedman et al. (2006) encuentran una relación significativa entre medidas de actualización (“*updating*”: memoria de trabajo) y TMPR, aunque no con medidas de alternancia e inhibición. Basándose en estos hallazgos sostienen que no todas las funciones ejecutivas guardan un vínculo con la inteligencia llamada fluida, ni son términos psicológicos o variables matemáticas intercambiables.

El presente trabajo posee una serie de limitaciones. En primer lugar, aunque se tomaron poblaciones bien diferenciadas en su estrato socio-económico, incluyendo colegios de sectores pobres, no hay una comparación con colegios públicos. En segundo lugar, y por razones prácticas, no fue posible realizar una prueba de confiabilidad test-retest, aunque se está estudiando la manera de superar esta dificultad mediante los recursos estadísticos adecuados. Es sin embargo relevante destacar la importancia de contar con nuevas normas de rendimiento de la TOL en la región, prueba ampliamente utilizada en clínica para explorar las funciones ejecutivas y en general sin adentrarse en su diseño, calidad de normas y significado de las variables, normas obtenidas a partir de una muestra de niños sanos y de cantidad aceptable.

4. Conclusiones

Dentro de las funciones ejecutivas, la TOL constituye una herramienta clínica y experimental para explorar la capacidad de planificación dentro de un contexto de solución de problemas. Existen una variedad de formatos, aplicaciones, régimen de consignas y medidas que hacen imposible la comparación entre distintas experiencias y han perturbado el conocimiento de los componentes cognitivos de esta prueba. La alternativa seguida en el presente trabajo fue capitalizar la original “TOL de

Shallice”, apoyándonos en trabajos de estandarización previos y siguiendo estrictamente los mismos procedimientos. Se encuentra un ascenso progresivo en el nivel de desempeño de la prueba durante la edad escolar, más evidente y diferenciado entre los 6 y los 8 años, volviéndose más homogéneo el rendimiento hasta los 10 años para volver a aumentar a los 11 años. La relación entre el rendimiento y la edad es altamente significativa. Estos resultados son similares a lo obtenido en investigaciones previas. Como sucede con otras pruebas de naturaleza ejecutiva y alta complejidad, el grado de confiabilidad es bajo. No fueron encontradas correlaciones significativas en cuanto a los parámetros temporales (tiempo de planificación, de ejecución), planteándose que dichos parámetros constituyen variables altamente inestables por factores múltiples y vinculados a diferencias individuales. La correlación con otra prueba ejecutiva (el Test de Anticipación Visual de Brixton) es positiva y significativa, pero hay una correlación también significativa y que se evidencia como predictiva luego en la regresión múltiple con un test de inteligencia fluida, el Test de Matrices Progresivas de Raven. Se sugiere entonces una relación parcial pero notoria entre una prueba ejecutiva y un test que supuestamente mide un aspecto de la inteligencia, fuertemente asociado al dominio ejecutivo. La presentación de normas de rendimiento para una forma clásica de aplicación del test constituye un camino para lograr una manera de poder comparar rendimientos tanto en el ámbito clínico como científico.

Bibliografía

- Anderson, J.R. (1980). *Cognitive Psychology and its implications*. San Francisco: Freeman and Company.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8 (2), 71-72.
- Anderson, P., Anderson, V., & Lajoie, G. (1996). The Tower of London Test: Validation and standardization for pediatric populations. *The Clinical Neuropsychologist*, 10 (1), 54-65.
- Anderson, V., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental Neuropsychology*, 20 (1), 385-406.
- Baars, B.J., & Franklin, S. (2007). An architectural model of conscious and unconscious brain functions: Global Workspace Theory and IDA. *Neural Networks*, 20, 955-961.
- Baker, K., Segalowitz, S.J., & Ferlisi, M. (2001). The effect of differing scoring methods for the Tower of London Task on developmental patterns of performance. *The Clinical Neuropsychologist*, 15 (3), 309-313.

Baron, I.S. (2004). *Neuropsychological evaluation of the child*. New York: Oxford University Press.

Berg, W.K., & Byrd, D.L. (2002). The Tower of London spatial problem-solving task: Enhancing clinical and research implementation. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24 (5), 586-604.

Borella, E., Carretti, B., & Mammarella I. (2006). Do working memory and susceptibility to interference predict individual differences in fluid intelligence?. *European Journal of Cognitive Psychology* 18 (1), 51-69.

Bull, R., Espy, K. A., & Senn, T. E. (2004). A comparison of performance on the Tower of London and Hanoi in young children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 5, 743-754.

Burgess, P.W. (1997). Theory and methodology of executive function research. En: P. Rabbitt (Ed), *Methodology of Frontal and Executive Function*. Psychology Press: 81-116.

Burgess, P.W., & Shallice, T. (1997). *The Hayling and Brixton Tests*. Harcourt Assessment. London: The Psychological Corporation.

Carder, P.H., Handley, S.J., & Perfect, T.J. (2004). Deconstructing the Tower of London: Alternative moves and conflict resolution as predictors of task performance. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A (8), 1459-1483.

Carpenter, P.A., Just, M.A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices Test. *Psychological Review*, 97 (3), 404-431.

Culbertson, W.C., & Zillmer, E.A. (1998). The Tower of LondonDX: A standardized approach to assessing executive functioning in children. *Clinical Neuropsychology*, 13 (3), 285-301.

Dehaene, S., Kerszberg, M., & Changeux, J.P. (1998). A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. Vol. 95, 14529-14534.

De Lucca, C.R., Wood, S.J., Anderson, V., Buchanan, J.A., Proffitt, T.M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the Cantab. I: Development of executive function over the lifespan. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 2, 242-254.

Duncan, J. (2005). Frontal lobe function and general intelligence: Why it matters. *Cortex* 41, 215-217.

Duncan, J., Seitz, R. J., Kolonody, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., Newell, F. N., & Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science* (289) 5478, 457-460.

Fernandes Malloy-Diniz, L., Cardoso-Martins, C., Pacheco Nassif, E., Levy, A.M., Borges

Leite, W., & Fuentes, D. (2008). Planning abilities of children aged 4 years and 9 months to 8 ½ years. *Dementia & Neuropsychologia*, 2 (1), 26-30.

Friedman, N.P., Miyake, A., Corley, R.P., Young, S.E., DeFries, J.C., & Hewitt, J.K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science* 17 (2), 172-179.

Injoque-Ricle, I., & Burin, D.I. (2008). Validez y fiabilidad de la prueba de Torre de Londres para niños: Un estudio preliminar. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 11, 21-31

Jacobs, R., & Anderson, V. (2002). Planning and problem solving skills following focal frontal brain lesions in childhood: Analysis using the Tower of London. *Child Neuropsychology*, 2, 93-106.

Kafer, K.L., & Hunter, M. (1997). On testing the face validity of planning/problem-solving tasks in a normal population. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 108-119.

Kane, M., Hambrick, D., & Conway, A. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131 (1), 66-71

Krikorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 840-850.

Lezak, M.D., Howieson, D.B, Loring, D.W, Hannay, H.J., & Fischer, J.S. (2004). *Neuropsychological Assessment* (4th ed.). New York: Oxford University Press.

Luria, A..R. (1977). *Las funciones corticales superiores del hombre*. La Habana: Orbe.

Matute, E., Chamorro, Y., Inozemtseva, O., Barrios, O., Rosselli, M., & Ardila, A. (2008). Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización ('pirámide de México') en escolares. *Revista de Neurología*, 47, 61-70.

Miyake, A, Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., & Wager, D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology* 41, 49-100.

Petrides, M., & Pandya, D. N. (1994). Comparative architectonic analysis of the human and the macaque frontal cortex. En: Boller, F., & Grafman, J. (Ed). *Handbook of Neuropsychology Vol. 9*. Amsterdam: Elsevier, 17-58.

Phillips, L.H., Wynn, V.E., McPherson, S., & Gilhooly, K.J. (2001). Mental planning and the Tower of London Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A (2), 579-597.

Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive

function, En: Rabbitt, P. (Ed), Methodology of Frontal and Executive Function. *Psychology Press*, 1-38.

Raven, J.C., Raven, J., & Court, J. (1993). Test de Matrices Progresivas. Manual. Argentina: Paidós.

Robbins, T.W., James, M., Owen, A.M., Sahakian, B.J., Lawrence, A.D., McInnes, L., & Rabbitt P. (1998). A study of performance on tests from the CANTAB battery sensitive to frontal lobe dysfunction in a large sample of normal volunteers: Implications for theories of executive functioning and cognitive aging. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 474-490.

Scheibel, R.S., & Levin, H.S. (1997). Frontal lobe dysfunction following closed head injury in children. En: Krasnegor, N.A., Reid Lyon, G., & Goldman-Rakic, P.S (Eds), *Developmental of Prefrontal Cortex*. Paul H. Brookes: Baltimore, 241-263.

Schmitt, A.J., & Wodrich, D.L. (2004). Validation of a Developmental Neuropsychological Assessment (NEPSY) through comparison of neurological, scholastic concerns, and control groups. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 12, 1077-1093.

Shallice, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge: University Press.

Stuss, D.T. (2007). New Approaches to Prefrontal Lobe Testing. En: Miller, B.L., & Cummings, J.L (Eds), *The Human Frontal Lobes*. (2nd. ed.). New York: Guilford Press.

Unterrainer, J.M., Rahm, B., Kaller, C.P., Leonhart, K., Quiske, K., Hoppe-Seyler, K., Meier, C., Müller, C., & Kalsband, U. (2004). Planning abilities and the Tower of London: Is this task measuring a discrete cognitive function? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26 (6), 846-856.

Unterrainer, J.M., Rahm, B., Leonhart, R., Ruff, C.C., & Halsband, U. (2003). The Tower of London: the impact of instructions, cueing, and learning on planning abilities. *Cognitive Brain Research*, 17, 675-683.

Unterrainer, J.M., & Owen, A.M. (2006). Planning and problem solving: From neuropsychology to functional neuroimaging. *Journal of Physiology-Paris*, 99 (4-6), 308-317.

Agradecimientos: A Elena Villamil, quien contribuyó con el análisis de las regresiones en esta etapa del trabajo.